

**PERANCANGAN KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR)
MOTOR CWP (*COOLING WATER PUMP*) PADA *COOLING TOWER*
REFINERY AND FRACTINATION 2 PT. SMART, Tbk Unit Tarjun**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MUHAMMAD ALIMUL FADILAH

D 400 150 158

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERANCANGAN KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR)
MOTOR CWP (*COOLING WATER PUMP*) PADA *COOLING TOWER*
*REFINERY AND FRACTINATION 2 PT. SMART, Tbk Unit Tarjun***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMMAD ALIMUL FADILAH

D 400 150 158

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Hasyim Asy'ari, S.T.MT

NIK.981

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR)
MOTOR CWP (*COOLING WATER PUMP*) PADA *COOLING TOWER*
REFINERY AND FRACTIONATION 2 PT. SMART, Tbk Unit Tarjun**

OLEH

MUHAMMAD ALIMUL FADILAH

D 400 150 158

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 25 Oktober 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Jatmiko, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Umar, ST. MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D

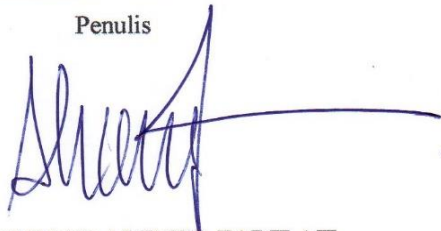
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Oktober 2017

Penulis



MUHAMMAD ALIMUL FADILAH

D 400 150 158

**PERANCANGAN KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR)
MOTOR CWP (COOLING WATER PUMP) PADA COOLING TOWER
REFINERY AND FRACTIONATION 2 PT. SMART, Tbk Unit Tarjun**

Abstrak

Perencanaan sistem proteksi merupakan hal yang sangat vital dalam sistem tenaga listrik. Sistem proteksi yang baik dan handal harus memiliki kemampuan untuk dapat mendeteksi adanya gangguan dan mencegah terjadinya gangguan. Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi dalam sistem tenaga listrik. *Overcurrent relay* (OCR) sebagai salah satu peralatan proteksi memiliki fungsi untuk mencegah dan melindungi sistem tenaga listrik dari gangguan hubung singkat. PT SMART Tbk, Unit Tarjun merupakan industri pengolahan minyak sawit yang proses produksinya harus melewati proses *refinery* dan fraksinasi pada suhu 500°C – 1000°C, sehingga diperlukan *cooling tower* agar *plant* tidak *overheating* yang kemudian dapat mengganggu produksi. Sistem proteksi yang saat ini bekerja motor CWP *cooling tower* berupa *fuse*, *low voltage circuit breaker*, dan *high voltage circuit breaker* masih kurang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rancangan sistem proteksi yang handal pada instalasi tenaga *cooling tower* terutama motor CWP. Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data terkait sistem dan beban yang akan diproteksi dan disimulasikan menggunakan *software* ETAP seri 16.0.0. Metode diskriminasi relay digunakan untuk menentukan posisi dan letak relay arus lebih. Hasil *short circuit analysis* menjadi acuan untuk penyetelan *pick up* dan *time dial* pada relay arus lebih. Hasil akhir yang dicapai pada penelitian ini bahwa semakin jauh relay dengan pembangkit maka *setting time dial* semakin cepat.

Kata Kunci: Relay arus lebih, *short circuit analysis*, ETAP 16.0.0

Abstract

Electrical system protection planning is vital in power systems. A good and reliable protection system must have the ability to detect interference and prevent interference. A short circuit is a common type of disturbance in electrical systems. Overcurrent relay (OCR) as one of the protection equipment has function to prevent and protect electric power system from short circuit interference. PT SMART Tbk, Tarjun Unit is a palm oil processing industry whose production process has to go through refinery and fractionation process at 500°C - 1000°C, so that cooling tower is needed to prevent overheating of the plant, which can disrupt production. Protection system that currently works CWP cooling tower motor in the form of fuse, low voltage circuit breaker, and high voltage circuit breaker is still less than the maximum. This study aims to provide the design of a reliable protection system on the installation of cooling tower power, especially CWP motors. The study was conducted by collecting data related to the system and the load to be protected and simulated using ETAP software series 16.0.0. The relay discrimination method is used to determine the position and location of the overcurrent relay. Short circuit analysis results into a reference for setting up pick up and time dial on more current relays. The final result achieved in this research is that the longer the relay with the generator the faster the time dial setting.

Keywords: overcurrent relay, short circuit analysis, ETAP 16.0.0

1. PENDAHULUAN

PT. SMART Tbk Unit Tarjun merupakan sebuah pabrik terbesar yang mengolah hasil buah kelapa sawit yang ada di Kalimantan Selatan dengan kapasitas pabrik sebesar 1000 ton/hari. Untuk menjaga kontinuitas produksi, perusahaan ini memiliki 2 buah *plant* “*Refineny and Fractination*”. Setiap *plant* ditunjang oleh sebuah *Cooling Tower* yang berfungsi untuk melakukan proses *cooling* secara cepat terhadap kondisi *plant* yang sangat panas akibat dari penggunaan tekanan suhu yang sangat tinggi saat proses pemurnian dan kristalisasi CPO. Berdasarkan kondisi diatas proses *cooling* sangatlah vital untuk menjaga kestabilan *plant* dan hasil produksi perusahaan.

Pada prinsipnya *cooling tower* bekerja dengan menggunakan motor listrik untuk menggerakkan *fan* dan mensirkulasi air. Oleh karenanya selama *plant* berjalan tidak boleh terjadi *black out* pada sistem kelistrikan yang mensuplai daya untuk area *cooling tower*, sehingga dibutuhkan perencanaan sistem proteksi yang dapat menjamin *plant* dapat beroperasi dengan lancar, maksimal dan handal walaupun terjadi suatu gangguan dan untuk menghindari kerusakan berarti pada motor yang dapat berakibat *plant* berhenti bekerja kapan saja.

Proteksi motor listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan *cooling tower* PT SMART Tbk Unit Tarjun berupa *fuse*, *low voltage circuit breaker* (MCCB, MCB, CB), dan *high voltage circuit breaker* (VCB). Dari kondisi diatas ketika *plant* terjadi gangguan pada titik beban *circuit breaker* pada area pembangkit atau *powergrid* PLN akan *trip*, sehingga menyebabkan kasus *blackout* dengan cakupan yang luas (Triyono, 2013). Kontinuitas *supply* daya pada area *cooling water* pada saat kondisi normal maupun saat terjadi gangguan sangat diperlukan untuk keberlangsungan proses produksi (Crishtope, 2006)

Cooling tower plant ditunjang dengan kinerja motor listrik 3 phase untuk menggerakkan *fan* dan memompa air untuk proses sirkulasi pendinginan pada *plant* produksi. Berdasarkan kondisi lapangan yang penulis temui pada saat melakukan Kerja Praktek, potensi terjadinya gangguan *cooling tower area* terus meningkat dikarenakan proses kerja motor yang terus-menerus tanpa berhenti dengan waktu *shutdown* sebanyak 2 kali atau bahkan 1 kali dalam setahun sehingga dari kondisi tersebut dapat mengakibatkan berbagai kemungkinan gangguan.

Menurut (TS. Hutaeruk, 1985) jaringan distribusi tenaga listrik memiliki potensi terjadi gangguan yang bersifat permanen dengan presentase 70% - 80% dan gangguan tersebut dapat diminimalisir hingga dihilangkan dengan mengisolir daerah yang terjadi gangguan, sehingga sistem proteksi menjadi hal yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik karena dapat mencegah terjadinya gangguan (Saktya, 2017). Gangguan pada sistem tenaga listrik memiliki beberapa variasi berdasarkan jenis dan besarnya. Gangguan tersebut apabila tidak dicegah dan tidak ditangani dengan baik dapat merusak peralatan listrik hingga beban yang terpasang. Salah satu proteksi utama dalam

sistem tenaga listrik adalah relay arus lebih (*over current relay*). Proteksi arus lebih merupakan proteksi terhadap perubahan parameter arus yang besar dan terjadi pada waktu yang relatif singkat, yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat.

Demikian diketahui bahwa terdapat sistem proteksi *cooling tower* belum maksimal dan diperlukan perancangan sistem proteksi menggunakan relay arus lebih pada motor CWP yang mensupport *Cooling Tower Plant* di PT SMART Tbk Unit Tarjun. Hasil akhir penelitian ini diharapkan dapat diperoleh sistem proteksi yang koordinatif, maksimal dan handal dalam melindungi sistem dari gangguan dan dapat mencegah terjadinya gangguan yang dapat berakibat fatal pada keberlangsungan produksi perusahaan.

2.METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan oleh penulis dengan metode sebagai berikut:

1) Studi Pustaka

Melakukan pengumpulan data serta studi literature/pustaka untuk menambah wawasan dan pemahaman mengenai permasalahan yang diangkat. Serta pencarian referensi yang terkait tema penelitian melalui berbagai media buku, artikel, tugas akhir/skripsi serta jurnal ilmiah nasional/internasional yang selaras.

2) Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan mengumpulkan data hasil desain dasar dari kontaktor sistem kelistrikan PT SMART Tbk Unit Tarjun. Data yang diperoleh berupa *single line diagram cooling tower plant* PT SMART Tbk Unit Tarjun.

3) Pemodelan dan Simulasi

Permodelan *single line diagram* sistem kelistrikan perusahaan dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi ETAP seri 16.0.0. *single line diagram* kemudian dilakukan simulasi dan analisa *load flow* dan *short circuit*. Dengan tujuan untuk mendapatkan nilai besar daya yang mengalir ke beban dan arus hubung singkat yang terjadi pada sistem yang telah dimodelkan.

4) Analisis dan Perhitungan

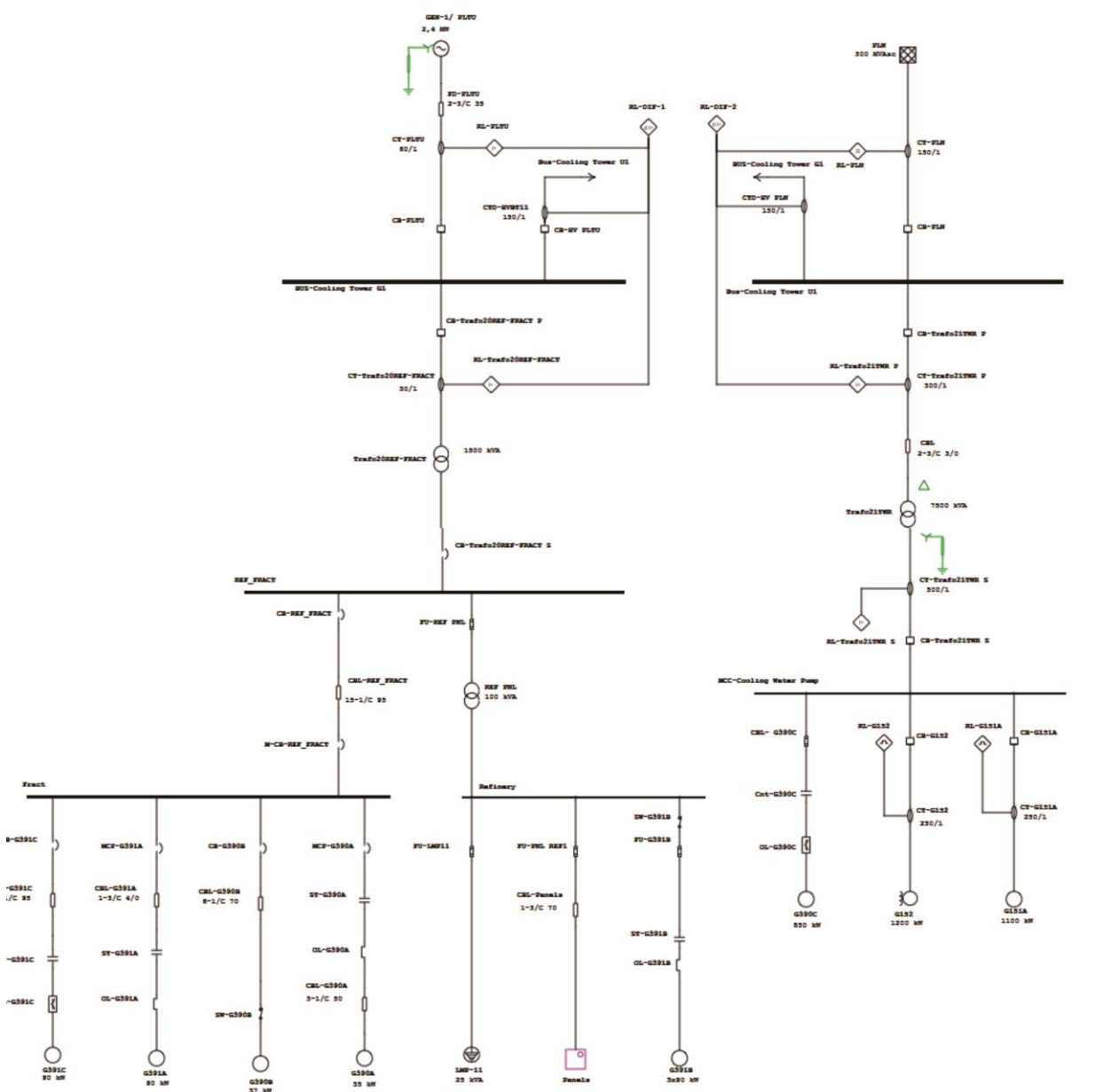
Hasil dari simulasi *load flow* dan *short circuit* kemudian digunakan untuk proses *setting* dan koordinasi relay arus lebih, kemudian berdasarkan analisis ini diketahui apakah *setting* dan koordinasi sudah tepat atau masih perlu proses *reset* pada relay pengaman arus lebih beserta dengan koordinasinya.

5) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan yang menjadi acuan *setting* pada peralatan proteksi sehingga koordinasi proteksi berjalan dengan baik. Dan mensimulasikan berbagai kemungkinan gangguan yang terjadi pada sistem sehingga diketahui keefektifan dan keandalan sistem yang dirancang

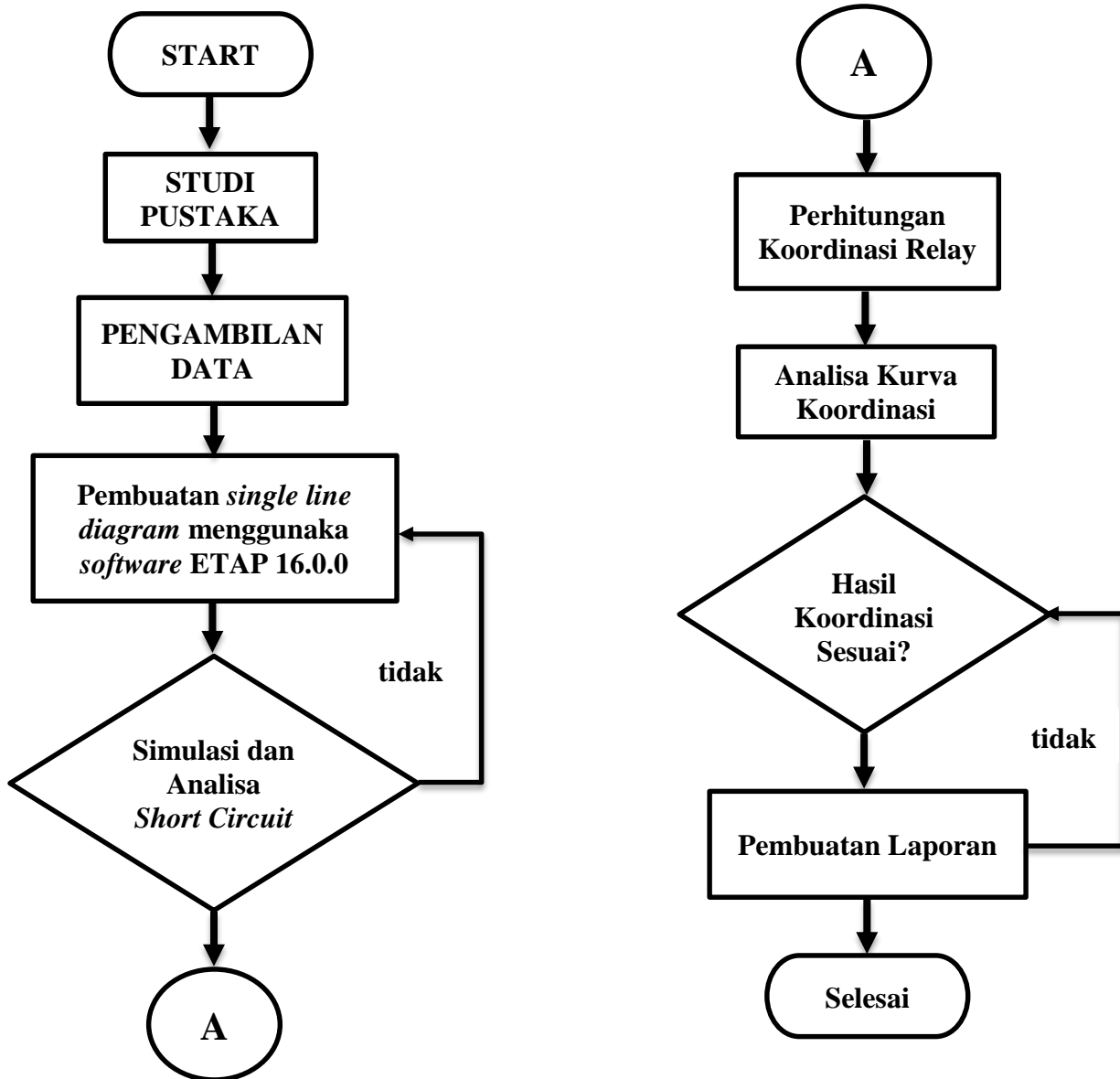
2.2 Gambaran Sistem Tenaga Listrik

Gambaran sistem tenaga listrik dan instalasi tenaga motor CWP pada *Cooling* PT SMART Tbk Unit Tarjun yang sudah didapat direpresentasikan dengan *single line diagram* yang diolah dengan *software* simulasi ETAP 16.0.0 dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 1. *Single Line Diagram* kelistrikan *Cooling Tower Area* PT SMART Tbk, Unit Tarjun

2.3 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Arus Gangguan Hubung Singkat

Besar arus gangguan yang mengalir pada sistem kelistrikan motor CWP *cooling tower* dapat diketahui dari simulasi *short circuit analysis* pada software ETAP 16.0.0. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai arus gangguan maksimum ($I_{sc\ max}$) dan minimum ($I_{sc\ min}$) yang melewati relay. Hubung singkat maksimum adalah hubung singkat 3 phase yang terjadi pada saat kondisi *supply* beban maksimum. Nilai arus gangguan maksimum diperoleh dari simulasi hubung singkat 3 phase (4 cycle). Hubung singkat minimum merupakan hubung singkat 2 phase yang terjadi pada saat kondisi *supply* beban minimum dan nilai arusnya diperoleh dari simulasi hubung singkat 2 phase (30 cycle).

Nilai arus gangguan maksimum dan arus gangguan minimum diperlukan untuk memperoleh nilai *Time Multiplier Setting (TMS)* dan nilai *pick up instantaneous* relay arus lebih. Beberapa

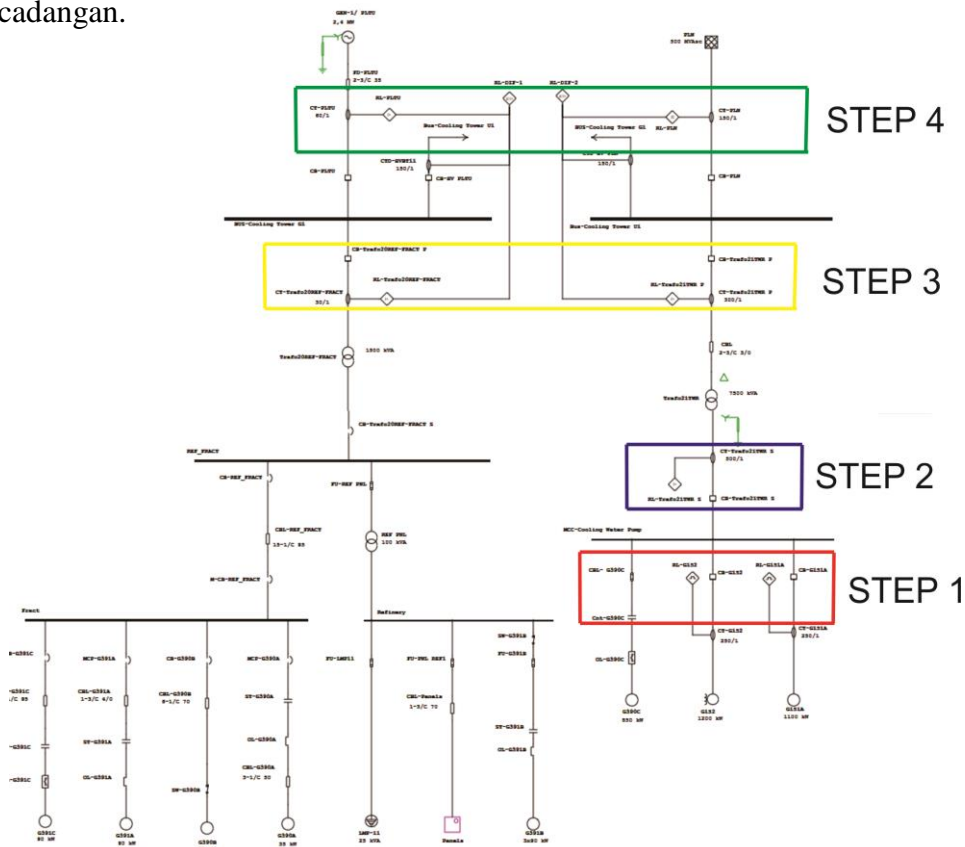
parameter didapat pada bus terdekat dengan kerja relay arus lebih. Keseluruhan nilai tersebut digunakan untuk input *setting* relay arus lebih.

Tabel 1. Arus Hubung Singkat Maksimum dan Minimum dengan simulasi
Short Circuit Analysis ETAP 16.0.0

BUS ID (Terdekat dengan Relay)	Isc Min 30 cycle (kA) (Arus Hubung Singkat Minimum)	Isc Max 4 cycle (kA) (Arus Hubung Singkat Maksimum)
MCC-Cooling Water Pump	7.170	9.823
Bus-REFFRACT	29.961	36.324
Bus-Cooling TowerU1	27.688	33.566
ND-Gen 1	29.750	36.059
BUS-Cooling TowerG1	27.688	33.566

3.2 Diskriminasi Arus dan Waktu pada Relay

Berdasarkan *single line diagram* pada gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat 4 *step* kerja relay arus lebih dilihat dari relay yang terjauh dengan sumber pembangkit dan *powergrid* PLN hingga relay yang terdekat dengan pembangkit dan *powergrid* PLN. Metode diskriminasi arus dan waktu digunakan untuk mengkoordinasi sistem kerja relay, sehingga diperlukan nilai *setting* relay yang bekerja disetiap *step* agar tidak ada tumpang tindih kerja relay satu dengan lainnya, antara relay utama dengan relay cadangan.



Gambar 3. Diskriminasi Relay Arus Lebih 4 Tahap

Tabel 2. Pembagian Tahapan Relay dan Perbedaan *Setting* Arus/Waktu pada Tiap *Step*

<i>Work Step</i>	<i>Relay ID</i>	<i>Operating Time (T)</i>	<i>Delay Instantaneous</i>	<i>Pick up Instantaneous (I_{pins})</i>
Ke-1	a. RL-G152 b. RL-G151A	0.3	0.1	0.80
Ke-2	RL-TRAFO21TWR S	0.5	0.3	0.90
Ke-3	RL-TRAFO21TWR P	0.7	0.5	1.00
Ke-4	RL-PLN	0.9	0.7	1.10

3.3 *Setting* dan Koordinasi Relay Arus Lebih

Dalam proses *setting* relay arus lebih (OCR) adapun standar yang menjadi referensi utama adalah standar ANSI/IEEE. Menurut (Uma, 2014) Relay arus lebih memiliki karakteristik khusus yaitu IDTM yang memiliki 3 karakteristik, yaitu *Extremely inverse* (EI), *Very Inverse* (VI), dan *Standart Inverse* (SI). Penentuan nilai *Full Load Ampere*, arus *pick up*, dan Arus *pick up instantaneous* diperlukan dalam *input setting* relay arus lebih guna mendapatkan kerja dan koordinasi yang baik.

$$\text{Full Load Ampere (FLA)} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} \dots\dots\dots [1]$$

$$\text{Arus pick up (Ip)} = \frac{1,1 \times \text{FLA}}{\text{Rasio CT}} \dots\dots\dots [2]$$

$$\text{Actual Current (Is)} = \text{Ip} \times \text{Rasio CT} \dots\dots\dots [3]$$

Pada pengaturan ini karakteristik kurva relay yang digunakan adalah *Extremely Invers* sehingga untuk mendapatkan waktu kerja relay maupun nilai TMS tiap kurva relay dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{TMS (SI)} = \frac{80 \times t}{\left(\frac{\text{Isc Max}}{\text{Is}}\right)^2 - 1} \dots\dots\dots [4]$$

$$\text{Pick up instantaneous (I}_{p\text{ins}}) = \frac{0.8 \times \text{Isc Min}}{\text{Rasio CT}} \dots\dots\dots [5]$$

3.3.1 *Setting* Relay **RL-TRAFO 21TWR S**

Manufacture : ALSTROM

Model : P121

Curve type : *Extremely Invers* (EI)

$CT\ Ratio$: 500/1
 $Isc\ Max$: 9823 A
 $Isc\ Min$: 7170 A

Relay RL-TRAFO 21TWR S terletak pada *step ke-2*

Waktu Operasi (T) : 0.5 s
Delay instantaneous : 0.3 s
Pick up Instantaneous : 0.9 (pengali arus)

$$\begin{aligned}
 FLA &= \frac{KVA\ TRAFO21TWR\ S}{\sqrt{3} \times KV\ Trafo\ TR21} \\
 &= \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 6,6} \\
 &= 656\ A
 \end{aligned}$$

Merujuk pada persamaan 1 setelah mendapatkan nilai beban maksimal pada Trafo 21TWR yang diproteksi oleh relay RL-TRAFO 21TWR S, maka kemudian dicari arus *pick up* dengan merujuk pada persamaan 2 dan nilai arus actual (Is) yang akan di *setting pada* relay sesuai persamaan 3.

$$\begin{aligned}
 \text{Arus } Pick\ up\ (Ip) &= \frac{1,1 \times FLA}{Ratio\ CT\ TL21} \\
 &= \frac{1,1 \times 656}{500} \\
 &= \frac{1,1 \times 656,079}{500} \\
 &= 1.44\ A
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Aktual (Is)} &= Ip \times Ratio\ CT\ TL21 \\
 &= 1.44 \times 500 \\
 &= 720\ A
 \end{aligned}$$

Arus gangguan maksimum dipilih untuk menentukan besarnya *setting* TMS dan *Pick up instantaneous* relay RL-TRAFO 21TWR S pada Trafo 21TWR (sisi sekunder) yaitu arus gangguan 3 phase (4 cycle) pada simulasi hubung singkat ETAP 16.0.0 yang mengacu pada persamaan 4 dan 5

Time Multiplier Setting

$$\begin{aligned}
 TMS\ (SI) &= \frac{80 \times t}{\left(\frac{Isc\ Max}{Is}\right)^2 - 1} \\
 &= \frac{80 \times 0,5}{\left(\frac{9823}{720}\right)^2 - 1} \\
 &= 0.21\ A
 \end{aligned}$$

Pick up instantaneous current (Ipins)

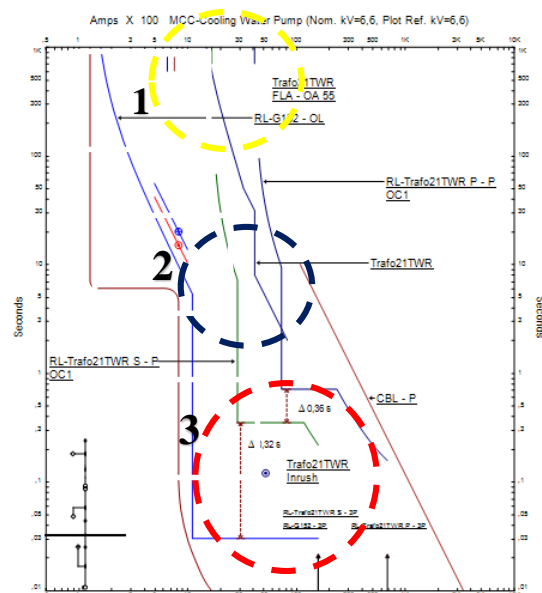
$$\begin{aligned}
 Ip &= \frac{0.8 \times Isc\ Min}{Ratio\ CT\ TL21} \\
 &= \frac{0.8 \times 7170}{500} \\
 &= 11,47\ A
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pada persamaan dan hasil perhitungan serta hasil simulasi pada *software* ETAP 16.0.0 maka parameter *setting* relay arus lebih diuraikan pada pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Setting* Relay

ID	CT Ratio	Bus Fault	Ip (A)	TMS (SI)	Ip _{ins} (A)	Delay (s)
RL-G152	250/1	MCC-Cooling Water Pump	0,563156	0,014317	11,072	0,1
RL-G151A	250/1	MCC-Cooling Water Pump	0,511016	0,00406	28,68	0,1
RL-Trafo21TWR S	500/1	MCC-Cooling Water Pump	1,4433757	0,217081	11,472	0,3
RL-Trafo21TWR P	300/1	Bus-Cooling Tower U1	1,4433757	0,009321	87,453	0.5
RL-PLN	150/1	Bus-Cooling Tower U1	1,860606	0,004978	174,906	0,7

Hasil pada tabel 3 menjadi acuan *setting* rele arus lebih sebagai peralatan proteksi utama dalam sistem tenaga listrik. Namun, pada realiasinya ada beberapa dari nilai tersebut yang berada dibawah *ratting* minimal dari spesifikasi rele arus lebih yang ada pada menu *library* ETAP 16.0.0 sehingga nilai untuk *setting* rele arus lebih pada perencanaan sistem proteksi ini menggunakan *ratting* minimal dari jenis rele yang dipilih. Adapun koordinasinya disesuaikan dengan mengatur sesuai kurva karakteristik yang digunakan yaitu *Extremely inverse* (EI).



Gambar 4. Hasil *plot setting* relay motor CWP (A) SMV12

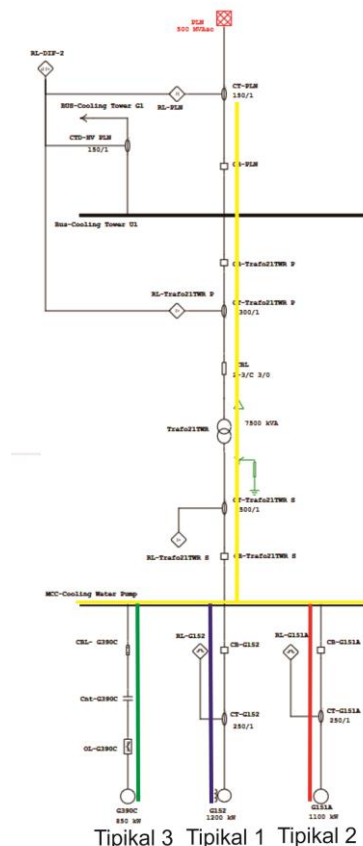
3.3.2 Analisis *Setting* Relay Proteksi Arus Lebih

Mengacu pada gambar 3 motor *cooling water pump* diproteksi oleh relay arus lebih dan beban lebih, penggunaan relay arus lebih pada motor sesuai dengan kapasitas motor. Setiap jalur proteksi motor memiliki 4 relay yang berfungsi sebagai relay utama dan *backup* (cadangan).

Lingkaran kuning dengan nomor 1 pada gambar 4 menunjukkan bahwa *setting pick up* dari relay arus lebih RL-Trafo 21TWR P sudah berada pada posisi disebelah kanan FLA *primary trafo*. Lingkaran berwarna biru dengan nomor 2 menunjukkan bahwa tidak ada *overlapping* antar relay. Lingkaran merah nomor 3 menunjukkan *grading time* antar relay proteksi sudah sesuai dengan standart IEEE 242 yaitu dengan *grading time* antar relay sebesar 0.2 – 0.4 detik.

3.1 Kurva Hasil Koordinasi Proteksi Relay

Data-data yang sudah didapatkan dari persamaan diatas kemudian dimasukkan kedalam *input setting* relay pada *single line diagram*. Data tersebut digunakan untuk melakukan pengujian simulasi sistem proteksi menggunakan *software* ETAP *Power Station* 16.0.0



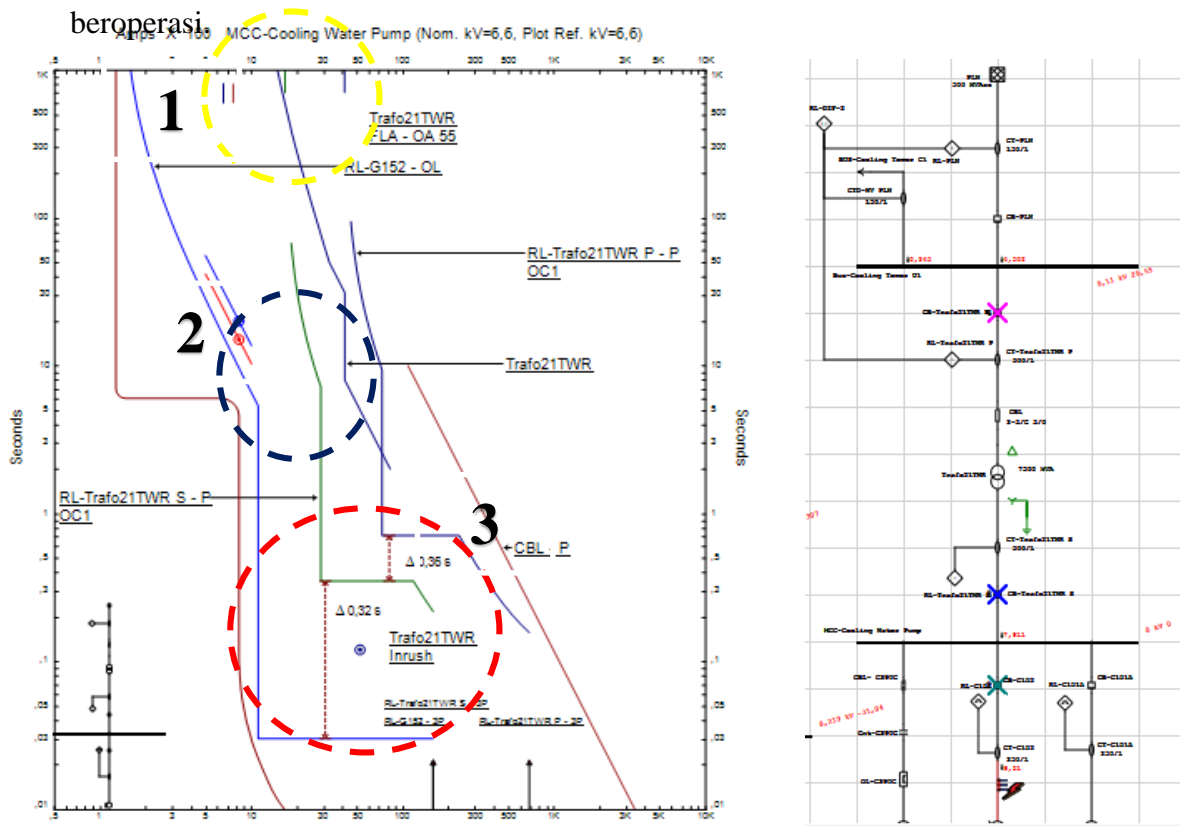
Gambar 5. kondisi koordinasi proteksi

3.1.1 Koordinasi Relay Arus Lebih Gangguan Tipikal 1

Tipikal 1 ini dilakukan koordinasi sistem proteksi relay arus lebih dari motor G152 menuju Trafo 21TWR. Jalur eksisting ini memiliki 3 relay yang diantaranya yaitu relay RL-G152, RL-TRAFO21TWR S, RL-TRAFO21TWR P. Tipikal 1 yang ditunjukkan pada gambar 5 dimana relay

RL-G152 bertugas sebagai relay utama dan relay RL-TRAFO21TWR S dan RL-TRAFO21TWR P berfungsi sebagai relay cadangan. Berdasarkan hasil dari gambar 5 :

- Relay RL-G152 sebagai *multi-funcion relay* berfungsi untuk melindungi motor CWP G152 dari arus gangguan beban lebih dan arus gangguan hubung singkat.
- Relay RL-TRAFO21TWR S berfungsi sebagai pelindung TRAFO 21TWR yang berada pada sisi sekunder terhadap gangguan arus lebih beban penuh/hubung singkat apabila terjadi pada bus MCC-Cooling Water Pump. Relay RL-TRAFO21TWR S berfungsi sebagai relay cadangan proteksi motor CWP A apabila relay RL-G152 gagal bekerja.
- Relay RL-TRAFO21TWR P memiliki tugas untuk melindungi trafo TRAFO 21TWR pada sisi primer dari gangguan arus lebih beban penuh dan *backup* (cadangan) relay RL-TRAFO21TWR S, disamping itu relay RL-TRAFO21TWR P juga melindungi Bus-Cooling Tower U1 apabila terjadi gangguan, maka relay RL-TRAFO21TWR P akan bekerja lebih dahulu. Namun, pada saat TRAFO 21TWR mengalami *inrush* maka relay TH-21 tidak beroperasi.



Gambar 6. Koordinasi Proteksi Tipikal 1

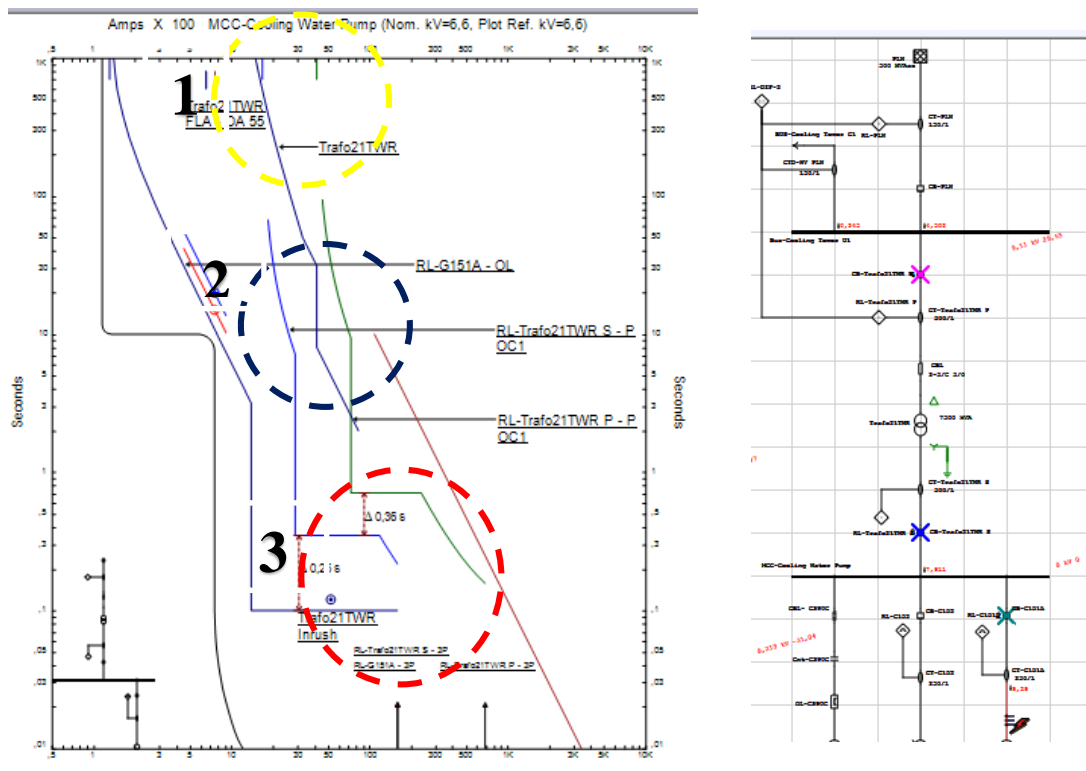
- Lingkaran nomor 1 (gambar 6) menunjukkan *setting pick up* dari relay arus lebih RL-TRAFO21TWR P sudah berada pada posisi disebelah kanan FLA *primary trafo*. Sedangkan, nomor 2 membuktikan bahwa tidak ada tumpang tindih kerja antar relay, saat terjadi gangguan apabila relay utama motor mengalami gagal kerja maka akan diproteksi oleh relay cadangan (*backup*)

- e. *Grading time* relay RL-G152 dengan relay RL-TRAFO21TWR S yaitu 0,22 detik, kemudian *grading time* relay RL-TRAFO21TWR S dengan relay RL-TRAFO21TWR P yaitu 0,36 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242.

3.1.2 Koordinasi Relay Arus Lebih Gangguan Tipikal 2

Koordinasi relay gangguan arus lebih dalam tipikal 2 ini memiliki jalur yang dimulai dari motor G151A. Tipikal 2 ini memiliki 4 relay yang terdiri antara lain relay RL-G151A, RL-TRAFO21TWR S, RL-TRAFO21TWR P, dan RL-PLN. Koordinasi relay tipikal 2 ini dapat dilihat pada plot gambar

- Relay RL-G151A merupakan *multi-funcion* relay yang bekerja untuk memproteksi motor CWP G151A dari arus lebih beban penuh (*overload*) dan dari gangguan arus lebih hubung singkat.
- Pada jalur eksitasi tipikal 2 ini RL-TRAFO21TWR S memiliki fungsi untuk melindungi trafo TRAFO 21TWR pada sisi sekunder apabila terjadi gangguan hubung singkat pada *bus* MCC-*Cooling Water Pump* dan sebagai *backup* ketika RL-G151A mengalami gagal kerja.
- Pada trafo TRAFO 21TWR sisi primer di proteksi oleh relay RL-TRAFO21TWR P fungsinya ketika terjadi gangguan hubung singkat pada *Bus-Cooling Tower UI/ Cooling Tower G1* maka relay ini akan bekerja terlebih dahulu, namun jika terjadi *inrush* pada trafo TRAFO 21TWR maka relay ini tidak bekerja.
- Relay RL-PLN dan relay RL-PLTU pada prinsipnya memiliki tugas yang sama yaitu untuk memproteksi generator dan *supply* dari PLN ketika terjadi gangguan arus lebih hubung singkat.



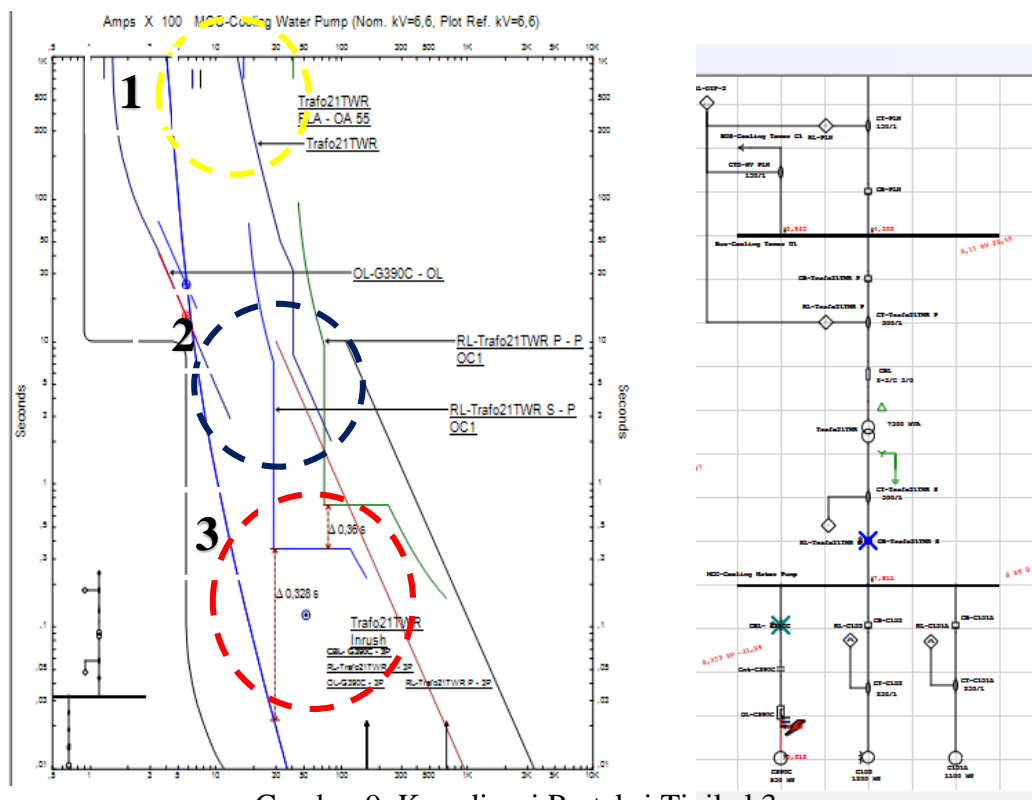
Gambar 8. Koordinasi Proteksi Tipikal 2

- e. *Grading time* relay RL-G151A dengan relay RL-TRAFO21TWR S yaitu 0,25 detik, kemudian *grading time* relay RL-TRAFO21TWR S dengan relay RL-TRAFO21TWR P yaitu 0,36 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242.

3.1.3. Koordinasi Relay Arus Lebih Gangguan Tipikal 3

Tipikal koordinasi ini jenis motor yang di proteksi adalah motor CWP C. Proteksi pada motor ini tidak menggunakan relay arus lebih melainkan menggunakan *Thermal Overload Relay* karena menyuaikan dengan kapasitas motor yang hanya 850 kW (< 1000 kW).

- Proteksi utama pada motor CWP G390C berupa relay OL-G390C. Relay ini berfungsi sebagai proteksi motor dari gangguan arus beban penh (*overload*) yang terjadi. Maka ketika terjadi gangguan arus beban lebih (*overload*) pada motor CWP G390C maka relay OL-G390C akan memerintah *fuse* untuk putus.
- Sebagai bentuk proteksi cadangan terhadap gangguan arus lebih hubung singkat yang terjadi, pada bus MCC-Cooling Water Pump dan bentuk proteksi Trafo 21TWR pada sisi sekunder maka relay RL-Trafo21TWR S sebagai *backup* dari OL-G390C ketika terjadi kegagalan kerja.



Gambar 9. Koordinasi Proteksi Tipikal 3

- Delay* relay OL-G390C sudah memenuhi standar IEEE 242 dalam hal *time delay* yaitu 0,321 detik sehingga ketika terjadi gangguan pada motor G390C maka relay OL-G390C akan memerintah *fuse* untuk putus sebagai bentuk proteksi awal dan *grading time* relay RL-

TRAFO21TWR S dengan relay RL-TRAFO21TWR P yaitu 0,36 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242.

4.1 PENUTUP

Berdasarkan hasil studi, perhitungan, dan koordinasi relay arus lebih motor CWP (*Cooling Water Pump*) pada *Cooling Tower Refinery and Fractination 2* PT. SMART, Tbk Unit Tarjun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan sistem proteksi instalasi tenaga listrik suatu *plant/area* diperlukan beberapa data kelistrikan untuk di konversi dalam bentuk *single line diagram* dalam simulasi *software* ETAP 16.0.0 sehingga dapat diketahui besar arus hubung singkat pada titik terdekat relay (motor dan *bus*), besar arus maksimum dan minimum tiap *bus*, rasio CT dan pemilihan waktu *delay*
2. Pengaturan *input* keterlambatan waktu pada relay arus lebih sebesar 0,2 - 0,4 detik harus sesuai dengan standar IEEE 242-2986 mengingat relay yang digunakan adalah relay digital sehingga *setting* penundaan waktu pada relay harus dapat memberikan waktu yang cukup kepada relay untuk bekerja.
3. Koordinasi relay proteksi tipikal 1 pada hasil simulasi dengan *software* ETAP 16.0.0 *grading time* atau *delay* antar relay RL-G152 dengan relay RL-TRAFO21TWR S yaitu 0,22 detik. Koordinasi relay proteksi tipikal 2 *grading time* atau *delay* antar relay RL-G151A dengan relay RL-TRAFO21TWR S yaitu 0,25 detik, sedangkan pada koordinasi relay proteksi tipikal 3 *grading time* atau *delay* antar relay OL-G390C dengan relay RL-TRAFO21TWR S yaitu 0,312 detik
4. Besar *grading time* atau waktu tunda pada relay RL-TRAFO21TWR S dan relay RL-TRAFO21TWR P pada setiap tipikal koordinasi relay proteksi mempunyai nilai yang sama yaitu 0,36 detik. Hal ini dikarenakan jalur Trafo 21TWR merupakan jalur distribusi utama yang menuju *bus* MCC-*Cooling Water Pump*
5. Relay RL-TRAFO21TWR S dan RL-TRAFO21TWR P memiliki *dual-function* yakni berfungsi sebagai *backup* dari relay utama proteksi motor (OL-G390C, RL-G153, RL-G151A), kedua relay ini berfungsi sebagai sara proteksi trafo dari gangguan hubung singkat arus lebih.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak – pihak yang senantiasa mengeluarkan waktunya untuk memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir sebagai berikut:

1. Allah SWT yang telah memberikan berbagai macam nikmat dan kemudahan dan Nabi Muhammad SAW sang pencerah dan penyempurna akhlaq didunia yang selalu menjadi panutan penulis.

2. Abah dan mamah tercinta yang selalu mendo'akan, memberikan semangat serta motivasi, yang selalu memberikan dorongan moral disetiap saat dan waktu.
3. Kakakku Husnur Rabiah yang tidak pernah lelah mengingatkan untuk disiplin dan rajin dalam mengerjakan tugas akhir. Adikku Maitilah yang selalu mendorong untuk selalu bersikap dan berpikir lebih maju.
4. Bapak Umar S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro..
5. Bapak Hasyim Asy'ari, ST.MT. selaku dosen pembimbing.
6. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Sahabat – sahabatku *fii dunnya wal akhiroh* Faisal Ardi Nugroho, David Setiadhi, Mulyanto, Rahmad Hananto, Pratedining Wibisono terima kasih atas semangat, dukungan, dorongan, hiburan yang kalian berikan ketika sedang dalam keadaan *down*
8. Keluarga kecilku PU PRISMA UMS 2017 Rani Fitri Pranita, Luthfia Umma Zakkia, Aninditya Putri, Miftahul Khayati, dan Syaifudin Fauzi terima kasih sudah menjadi tempat bersandar, curhat, teman bercerita, berbagi senang dan susah.
9. Keluarga besar PRISMA UMS 2017 (*Big Family*) dan Keluarga besar alumni PRISMA UMS 2016 yang namanya belum bisa kami sebutkan satu per satu.
10. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2013 yaitu Rizki Fadillah, M Dhoi FS, Rahajeng HB, Qoid ZM, Amri F, Riki Ariyanta. Serta teman-teman Teknik Elektro angkatan 2014 dan 2015, KMTE, dan KMTE *Robot Research* yang namanya tidak dapat kami sebutkan satu per satu
11. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu per satu yang telah memberikan dukungan, bantuan serta do'a.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, P.M, "*Power System Protection*", John Wiley & Sons, Inc., Canada, Ch. 3, 1998
- Gardel, Jonatan D., dkk, "IEEE Std C37.96–2000 – IEEE Guide for AC Motor Protection," IEEE-SA Standard Board. USA, 2000.
- IEEE std 242-2001, "*IEEE Recommended Practice for Protection and Cordination of Industrial and Commercial Power System*"The institute of Electrical and Electronic Engineering, Inc, New York, Ch 15, 2001.
- Maria Oktavia Fitriani, "Evaluasi Setting Relay Generator dan Trafo Generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1", Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- Meyga Pranata Juanda, "Evaluasi *Setting* Relay Arus Lebih (OCR) pada Beban Motor dan Generator 13,8 Kv Di *Plant* PT Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex Development dengan

- Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0”, Skripsi, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- Patel, H A. (2015). *Relay Coordination Using ETAP*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol 6.
- Pinastika, Saktya Hutami, “Analisis dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton 1 dan 2”, Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia, 2017.
- Préve, Christophe, “Protection for Electrical Network”, ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006
- Relai Proteksi Peralatan Pembangkit*, PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Yoyok Triyono, Ontoseno Penangsang dan Sjamsjul Anam “Analisi Studi Relay Pengaman (Over Current Relay Dan GrounFault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang,” *Teknik POMITS*, vol. 2, no. 2, hal. 2337-3539, 2013.
- Sunil. S. Rao, Switch Gear and Protection, Khanna Publishes, 1980.
- Triandini, T Y R. (2015). *Analisa Sistem Proteksi Relay (Overcurrent dan Ground Fault) Dengan Menggunakan Kurva Koordinasi Relay dan Software ETAP 7.5 Pada Plant Unit 5 PT. Krakatau Posco*. Universitas Mercubuana. Jakarta.
- Uma, U U, Onwuka, I K. (2014). *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol 04.